

EVALUACION Y ESTUDIO ECONOMICO DE CURVAS DE CRECIMIENTO DE CUATRO LINEAS DE CUYES¹

M. Zaldívar*, L. Chauca*, J. Chian M.*, N. Gutiérrez**, V. Ganoza***

ABSTRACT

It is usually assumed that weight does not depend on the amount of food eaten by an animal but, rather, on its genetic makeup, which expresses itself over time. Under equal manage and feeding conditions, guinea pigs of the Peru and Inti strains reached marketing weight (750 g) between the ninth and the tenth week of age, while the same weight in the Andina strain and the control group (common guinea pigs) was not reached until the 12th week. It was also found that breeding weight (540 g) in the Peru and Inti strains is reached one to two weeks earlier than in the Andina strain or the control group. The greatest weekly weight gains were obtained between the first and the third weeks of age, while the lowest increments occurred between the 17th and 19th weeks, except for the Peru strain, which had its lowest weight gain in the 13th week. The total litter weight was superior (by more than 35%) in the Inti and Andina strains as compared to the Peru and control groups, due to the fact that the former strains produced litters averaging 3.2 and 3.0 guinea pigs, while the latter ones produced only 2.0 and 2.2, respectively. Time is the most important parameter for the poor farmer; he usually suffers from strong price cutbacks, prefers to make small gains now rather than for higher gains in the future. Nevertheless, the producer is willing to keep his animals for a longer period if net return is too low or, conversely, to sell them if the net return is high. The producer usually does not realize when the opportunity cost of his capital is equal to zero.

(Palabras claves: genética de cuyes, crecimiento, edad de empadre, pequeños productores, sistemas de producción.)

INTRODUCCION

El cuy (*Cavia porcellus*) es una especie nativa utilizada en la alimentación de la población andina. El alto valor proteico de su carne, palatabilidad y fácil manejo han contribuido a que su crianza y consumo se hayan generalizado. Su explotación en el ámbito rural, se lleva a cabo básicamente con el sistema de crianza familiar. La migración a las ciudades ha contribuido a la expansión de la crianza del cuy hacia los sectores urbanos marginales.

Las diferentes alternativas de alimentación que tiene el cuy, como herbívoro, inducen a pensar que su crianza en países en vías de desarrollo es una alternativa que, en el corto plazo, puede contribuir a mejorar la calidad de vida de los sectores de menores recursos. En el Perú

¹ Recibido para publicación el 18 de marzo de 1991.

** Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial, La Molina, Lima, Perú.

** Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ), Bogotá, Colombia.

*** IICA, Oficina en Guatemala, Código Postal 01009, Guatemala, Guatemala

COMPENDIO

Se asume que el peso de un animal no depende de la cantidad de alimento que consume sino de su bagaje genético, expresado mediante la variable de tiempo. En iguales condiciones de manejo y alimentación, los cuyes de las líneas Perú e Inti alcanzaron su peso de comercialización (750 g) entre la novena y décima semana de edad, mientras que ese peso solo se alcanzó en la duodécima semana en la línea Andina y en el grupo de control —cuyes no mejorados. También se encontró que las líneas Perú e Inti lograron el peso de apareamiento (540 g) una o dos semanas antes que la Andina y de control. Los mayores incrementos semanales de peso se alcanzaron entre la primera y tercera semana de edad, y las menores ganancias marginales entre la decimoséptima y decimonovena, aunque la línea Perú la obtuvo en la decimotercera semana. El peso total de camada de las líneas Inti y Andina fueron superiores que en las Perú y de control en más del 35%, como consecuencia de que las primeras tienen un número en promedio de camada de 3.2 y 3.0 y las otras 2.0 y 2.2, respectivamente. El tiempo es el parámetro más importante para el productor pobre. Este tiene, por lo regular, altas tasas de descuento; prefiere pequeñas ganancias en el momento presente que mayores utilidades futuras. Estará dispuesto a mantener por más tiempo sus animales si la tasa de retorno es menor o venderlos si la tasa de retorno es mayor. El productor no ve realmente el punto que refleja una tasa de oportunidad del capital igual a cero.

se producen anualmente más de 16 500 toneladas de carne de cuy, de una saca que sobrepasa los 65 millones de cuyes procedentes de una población total estimada en 22 millones de animales (4). Esta producción proviene mayormente de sistemas de crianza familiar, caracterizados por bajos índices productivos. Según estos sistemas, los animales se crían juntos, sin tener en consideración la especie, clase, edad, sexo y parentesco.

Su consumo, inicialmente, circunscrito a la región andina, en la actualidad se está generalizando aceleradamente a toda la población peruana. Encuestas realizadas para determinar el consumo en Lima Metropolitana, determinaron que el 84% de sus habitantes tienen el hábito de consumir cuyes (5).

Su capacidad de adaptación a diferentes ecosistemas, hace posible su crianza a nivel del mar o en alturas superiores de los 4 000 msnm (1). En la actualidad las colonizaciones en las regiones de la Selva están introduciendo esta especie dentro de sus sistemas de producción.

El cuy criollo, criado en los Andes, ha sido el punto de partida de las investigaciones realizadas en la Estación Experimental Agropecuaria La Molina. Los pesos de los cuyes de la población-base, en 1966, no eran mayores que los 400 gramos a los tres meses de edad. Estos animales criados mediante técnicas apropiadas, pueden ser explotados económicamente (6).

Mediante el cruzamiento de cuyes mejorados con hembras criollas, es factible producir crías de una primera generación que superen en peso a sus madres en más de un 60 por ciento (2).

Es objetivo del presente trabajo, es determinar la edad para la saca de los cuyes que permita maximizar las utilidades del productor.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo evaluó el crecimiento de cuatro líneas de cuyes producidos en el Instituto Nacional de Investigación Agraria Agroindustrial (INIAA) - Estación Experimental Agropecuaria La Molina, durante el período de noviembre 1985 a abril 1986.

Se seleccionó un total de 42 cuyes hembras preñadas, correspondientes a la decimotercera generación de las líneas seleccionadas por su precocidad (Perú), prolificación (Andina), precocidad y prolificación (Inti), y a la línea de control. Estas produjeron 111 crías cuya distribución se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Número de crías por sexo evaluadas para las cuatro líneas de cuyes.

| Línea | Núm. de madres | Crías | | Total |
|---------|----------------|--------|---------|-------|
| | | Machos | Hembras | |
| Perú | 11 | 11 | 11 | 22 |
| Andina | 10 | 18 | 14 | 32 |
| Inti | 10 | 14 | 19 | 33 |
| Control | 11 | 14 | 10 | 24 |

Las hembras se mantuvieron en empadre permanente, siendo retiradas después del parto a pozas —encierros— de lactancia en donde permanecieron 28 días, al término de los cuales se realizó el destete. Posteriormente, las crías fueron ubicadas en pozas individuales, de 0.50 x 0.80 x 0.40 metros, dentro de un galpón de crianza, para continuar su evaluación durante 16 semanas.

Los cuyes recibieron una alimentación ad libitum sobre la base de maíz 'Chala' (*Zea mays*) en grano de

leche, suplementada con un alimento en "pellets" con 17% de proteína cruda y 21% de fibra.

Los animales se identificaron al nacimiento mediante divisas de aluminio seriadas para registrar el pedigrí y edades. Esta identificación permitió los controles de peso individual, ejecutado durante 20 semanas.

No se efectuaron tratamientos sanitarios de importancia aparte de algunos casos aislados de dermatitis micótica.

Funciones de crecimiento

Para determinar las funciones de crecimiento, se asumió que el cuy es una "máquina de producción de carne", cuyo único insumo en la producción es el tiempo. Esto hacía presumir que las diferencias observadas en el peso de animales no dependían de la cantidad de alimento que consumían, sino del bagaje genético de cada animal, expresado en la variable de tiempo. Esto no es cierto, pues el peso de un animal depende de la cantidad de alimento que consume y viceversa. Sin embargo, si se asume que cada animal tiene el alimento necesario disponible, el factor más importante para determinar el peso de un animal al tiempo "t" será debido a factores genéticos. Estos se manifestarán de tres maneras: diferencias en el peso al nacer, diferencias en las ganancias de peso en el tiempo y diferencias en el cambio de la tasa de ganancia de peso.

La función de crecimiento se evaluó mediante una ecuación de tipo cuadrático:

$$P = a + bt + bt^2 \quad [1]$$

donde: P = peso en gramos

t = tiempo en semanas

El impacto genético se notará por:

a) El peso al nacimiento que está dado por el intercepto a y que sería modificado según la línea de la que proviene el cuy. La forma del intercepto que se estime, estará dado por el desarrollo de la ecuación:

$$P = a_0 + \sum_{i=1}^n U_i D_i \quad [2]$$

donde: D = variable artificial para cada línea, igual a 1 para i = 1 y cero para i ≠ 1

El coeficiente U será el que modifique el intercepto, el que dará una estimación del peso al nacer, variando si es mayor o menor que el de la línea del testigo.

b) La ganancia de peso por unidad de tiempo estaría modificada por diferencias en b_1 y b_2 . En el primer caso, será afectada la tasa de ganancia por unidad de tiempo y en el segundo, el cambio en esa tasa de ganancia por unidad de tiempo. Es decir, se esperarían diferentes valores de b_1 y b_2 para cada línea. Su estimación estaría representada por la ecuación:

$$P = (b_1 + \delta U_{11} D_1) t + (b_0 + \delta U_{21} D_1) t^2 \quad [3]$$

Si U_1 es positiva y estadísticamente diferente que cero, el intercepto se desplazará hacia arriba con respecto de la línea del testigo y tendrá menos curvatura. La situación sería opuesta si se cambian los signos.

Las funciones de crecimiento se estimaron mediante la ecuación:

$$P = a_0 + \delta U_{11} D_1 + (b_1 + \delta U_{11} D_1) t + (b_2 + \delta U_{21} D_1) t^2 \quad [4]$$

para $i = 1, 2, 3$; para comparar todas las líneas con la de control, que sirvió de testigo.

Cuadro 2. Promedio de ganancias marginales de peso (gramos) por líneas de cuyes.

| Edad semanas | Línea Perú | Línea Andina | Línea Inti | Línea Control |
|--------------|------------|--------------|------------|---------------|
| 1 | 92 | 60 | 69 | 73 |
| 2 | 109 | 84 | 94 | 64 |
| 3 | 108 | 85 | 85 | 98 |
| 4 | 55 | 61 | 72 | 70 |
| 5 | 40 | 24 | 33 | 25 |
| 6 | 70 | 60 | 74 | 61 |
| 7 | 50 | 32 | 57 | 44 |
| 8 | 52 | 60 | 66 | 31 |
| 9 | 71 | 48 | 70 | 50 |
| 10 | 41 | 34 | 46 | 39 |
| 11 | 50 | 52 | 64 | 40 |
| 12 | 44 | 39 | 48 | 42 |
| 13 | 32 | 34 | 48 | 32 |
| 14 | 42 | 48 | 40 | 35 |
| 15 | 36 | 37 | 42 | 40 |
| 16 | 50 | 27 | 40 | 31 |
| 17 | 56 | 36 | 31 | 31 |
| 18 | 44 | 32 | 43 | 30 |
| 19 | 52 | 19 | 35 | 15 |
| 20 | 59 | 49 | 41 | 53 |

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 2 y Figs. 1 y 2 se presentan los resultados de la evaluación biológica de las cuatro líneas estudiadas.

Los cuyes de las líneas Perú e Inti alcanzaron su peso de comercialización (750 g) entre la novena y décima semanas de edad. La Andina y de control, lo lograron entre la duodécima y decimotercera semanas. Estas alcanzaron el peso de apareamiento (540 g) una o dos semanas más tarde que los cuyes Perú e Inti (Fig. 1).

A partir de la sexta semana de edad las líneas Perú e Inti son estadísticamente superiores—en más del 8.7%—que la Andina y de control ($P < 0.05$). Esta diferencia aumenta a más del 20% en la vigésima semana ($P < 0.01$). La superioridad de crecimiento de las líneas Perú e Inti se pueden explicar, ya que la velocidad de crecimiento fue uno de sus caracteres seleccionados. La selección en la línea Andina continúa en su característica de prolificación y la de control es apareada al azar.

Al analizar el crecimiento marginal de las cuatro líneas, se puede observar en el Cuadro 2 que los mayores incrementos de peso semanal se alcanzaron entre la primera y tercera semanas de edad. Las menores ganancias marginales se obtuvieron entre la décimo-séptima y decimonovena semana; sin embargo, la línea Perú lo obtuvo a la decimotercera semana.

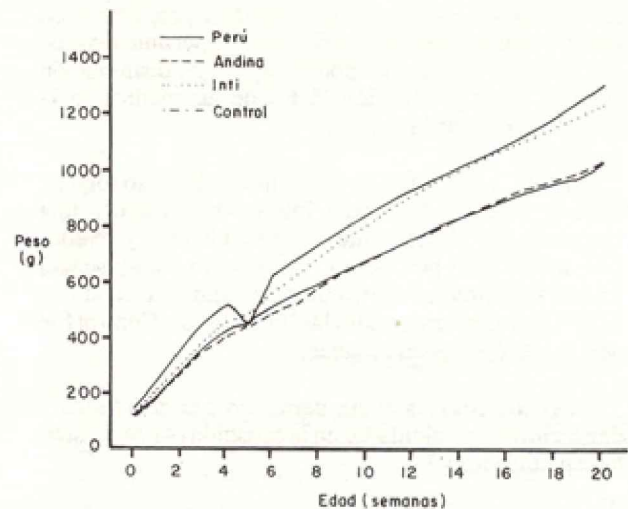


Fig. 1. Curvas de crecimiento de cuatro líneas genéticas de cuyes.

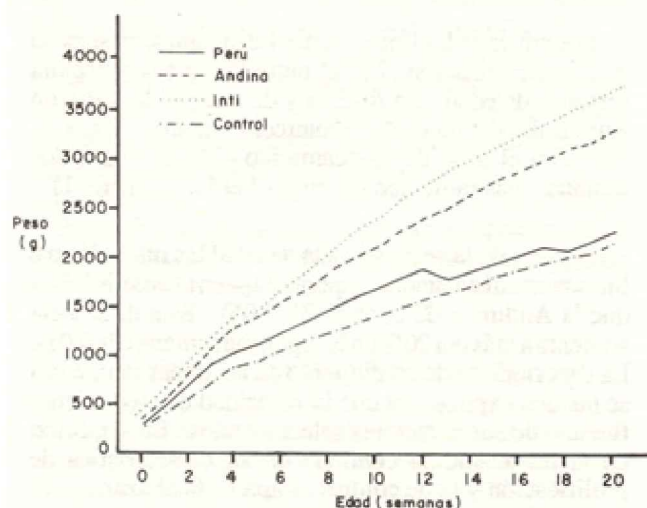


Fig. 2. Curvas de crecimiento de la camada total de cuatro líneas genéticas de cuyes.

Las ganancias marginales de peso en las cuatro líneas, mostraron una tendencia lineal con pendiente negativa. Los incrementos de peso semanales bajan drásticamente entre la cuarta y quinta semanas de edad, lo que se explica no solo como consecuencia del destete, sino también como resultado de la ración proporcionada que no alcanzaría a cubrir los requerimientos de crecimiento. Esta no compensaría la disminución drástica de la producción láctea de las madres en la cuarta semana de lactancia.

Al analizar el ritmo de crecimiento del peso total de camada (Fig. 2), las líneas Inti y Andina tienen una respuesta estadísticamente superior a la Perú y de control: más del 35 por ciento. Esto como consecuencia de que las primeras tienen un promedio de camada de 3.2 y 3.0, mientras que para las líneas Perú y Control fue de 2.0 y 2.2, respectivamente.

Las estimaciones de los parámetros para la función de crecimiento, calculadas en la ecuación (4), se presentan en el Cuadro 3.

Los resultados se muestran en la Fig. 3. No se encontraron diferencias significativas entre la línea Andina y la de control. En todos los casos, la curvatura de las funciones es la misma; vale decir, el cambio de la

Cuadro 3. Estimación de los parámetros de las funciones de crecimiento.

| Coefficientes | Descripción | Valor | Significancia estadística* |
|---------------|-------------------------|--------|----------------------------|
| a | Intercepto | 139.90 | |
| | Artificial línea Perú | 58.16 | sí |
| | Artificial línea Andina | -9.71 | no |
| | Artificial línea Inti | -3.29 | no |
| b1 | Tiempo | 65.15 | sí |
| | Artificial línea Perú | 9.20 | sí |
| | Artificial línea Andina | -1.27 | no |
| | Artificial línea Inti | 13.70 | sí |
| b2 | Tiempo cuadrado | -1.11 | sí |
| | Artificial línea Perú | 0.06 | no |
| | Artificial línea Andina | 0.14 | no |
| | Artificial línea Inti | -0.12 | no |

* $P < 0.05$

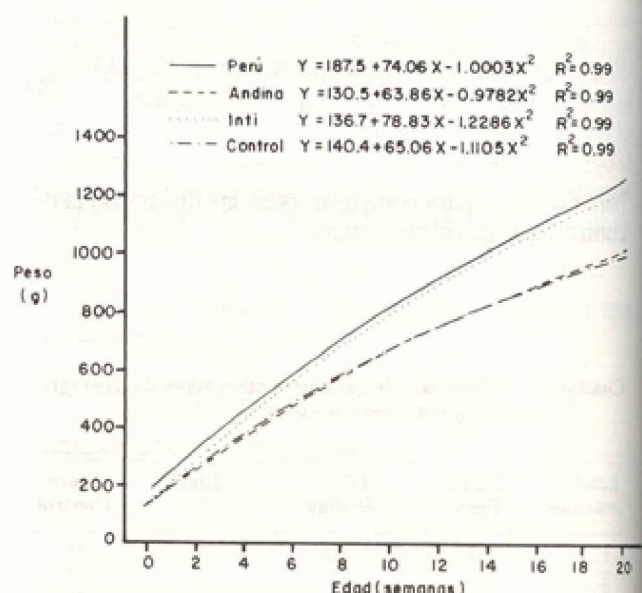


Fig. 3. Curvas de crecimiento para cuatro líneas genéticas de cuyes, estimadas por funciones matemáticas.

tasa de crecimiento es el mismo, pero no así la pendiente o inclinación de la función.

La derivativa de la función de peso, con respecto del tiempo, permitió encontrar la edad en que se obtiene el máximo crecimiento para cada línea genética.

Análisis económico

La curva de ingreso total representa el cambio de valor de un animal en el tiempo, medida en el eje de las ordenadas (3). El tiempo en que se alcanza el peso máximo para cada línea puede observarse en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Pesos esperados del máximo crecimiento en cuatro líneas genéticas de cuyes.

| Línea | Tiempo (semanas) | Peso esperado (g) |
|---------|------------------|-------------------|
| Perú | 36.9 | 1558 |
| Andina | 32.6 | 1173 |
| Inti | 32.1 | 1401 |
| Control | 29.3 | 1093 |

Los costos totales —21 Intis por dólar (1987)— incluyen el valor inicial del animal, los costos variables de alimentos —forraje y concentrado— y los costos de manejo. La siguiente ecuación para el cálculo de la función de costos fue estimada por mínimos cuadrados:

$$CT = 1.081 - 0.22D_1 + 0.38D_2 - 4.01 \cdot 10^{-2}D_3 - 1.40 \cdot 10^{-3}S + 0.02D_1S - 0.6D_2S + 2.14 \cdot 10^{-3}D_3S - 2.12 \cdot 10^{-4}S^2 - 6.87 \cdot 10^{-4}DS^2 + 0.0025D^2S^2 + 1.024 \cdot 10^{-4}D^2S^2 + 5.4 \cdot 10^{-4}Peso \quad [5]$$

donde: CT = Costo total

D_i = variable artificial para cada línea, $i = 1, 2, 3, 4$
 S = costos variables (alimentación y manejo).

La diferencia entre el ingreso y los costos se define como el ingreso neto o ganancia que, en el caso de incluir el valor inicial del animal, comienza con valores negativos en el tiempo $t = 0$. Los valores van creciendo hasta convertirse en positivos. La misma ganancia se alcanza cuando la diferencia entre el ingreso y los costos es mayor, señalando el período que se requiere para que el animal pueda ser vendido para maximizar las ganancias por cabeza en el tiempo t óptimo. Después de este punto, el valor de la ganancia decrece y, sobre todo, el animal permanece más tiempo usando instalaciones que pueden ser usadas por nuevos animales. Este raciocinio es válido solamente en el caso que no exista un valor alternativo del capital invertido en la cría de los cuyes.

Si el productor puede usar su dinero pero ganando un determinado tipo de interés en un período establecido, seguramente retendrá los animales por cierto tiempo, hasta que las ganancias o los ingresos netos

obtenidos por el crecimiento de los animales sean iguales a la ganancia alternativa de su capital en otra actividad (3). El productor no ve realmente el punto t óptimo, que refleja una tasa de oportunidad del capital igual a cero, sino que es otro punto cuando la tasa de retorno i es mayor que cero.

El elemento tiempo es muy importante para el productor pecuario, especialmente si es pobre en el grado de subsistencia. Este tipo de productor tiene por lo regular altas tasas de descuento, lo que hace que prefiera pequeñas ganancias pronto, antes que cantidades mayores en el futuro. Además, si se considera que dentro del interés se debe incluir el factor riesgo, se justifica aún más la actitud del productor para esperar más altas tasas de retorno (3).

En la Fig. 4 se presenta la función de descuento de desembolsos equivalentes a los que se hacen para el crecimiento de cuyes, en la que se incluyen un factor que refleja la inversión inicial en el animal más los desembolsos periódicos en alimento del tipo $z = f(C_0, C_1, t)$, de tal forma que cuando esta curva es perpendicular a la función, se obtiene el tiempo óptimo t de venta de los animales y el valor presente del valor de la venta, que se mide por el intercepto de la curva. Esta función representa una familia de curvas a una determinada tasa de descuento, desplazándose paralelamente a medida que cambia el valor de la inversión inicial.

Se espera que para el caso en que se comparan varias líneas de cuyes, la época óptima de venta sea diferente si se tienen curvas de crecimiento también diferentes. El Cuadro 5 muestra para cada una de las líneas la semana óptima para vender los animales. En este cálculo se consideraron las variables crecimiento, edad y consumo de alimento.

Cuadro 5. Semana óptima de venta de individuos por línea.

| Línea | Semana |
|---------|--------|
| Perú | 9 |
| Inti | 9 |
| Andina | 10 |
| Control | 12 |

Gráficamente se pueden apreciar el comportamiento de la función de valor total del animal, los costos, las ganancias y la función de retorno del capital, constatándose el punto de tangencia a las 28 semanas para la venta óptima y la semana trigesimosóptima registran las ganancias máximas en caso de no haberse considerado la tasa de retorno (Fig. 4).

Los resultados indican la conducta del productor para vender sus animales cuando tiene varias razas, pero

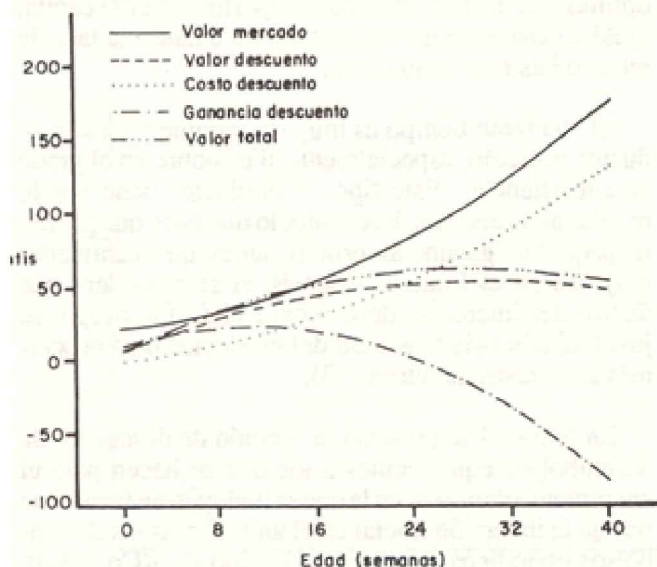


Fig. 4. Relaciones económicas de las funciones de descuento (US1 + 21Intis).

no dan un criterio completo para determinar cuál raza o línea es la que da una mayor ganancia, porque además se debe considerar la tasa de proliferación en cada una de las líneas por un período de tiempo. Se hizo el cálculo de la ganancia neta anual por línea, considerando el tamaño de camada y no el individuo. En este caso, el efecto de la tasa de proliferación juega un papel determinante, junto con la tasa de mortalidad. Para el cálculo de la ganancia por camada, se consideraron los costos variables incurridos por alimentación y manejo.

CONCLUSIONES

Luego del análisis y discusión de los resultados obtenidos en el presente trabajo se llegó a las conclusiones siguientes:

1. Las líneas genéticas de cuyes Perú, Inti y Andina son estadísticamente diferentes en velocidad de crecimiento, edad de empadre y peso de camada.
2. La máxima rentabilidad en la comercialización de las líneas Perú e Inti es obtenida a la novena semana de edad. La línea Andina la alcanza una semana más tarde.
3. El tiempo es importante para el productor pecuario, especialmente si es de subsistencia. El está dispuesto a mantener sus animales por mayor tiempo si la tasa de retorno es menor que los valores de mercado. Con una tasa mayor, comercializará sus animales en un menor tiempo.

LITERATURA CITADA

1. CUEVA, S.; ZALDIVAR, M.; CHAUCA, D.; CHAUCA, L. 1989. Efecto de la hipoxia de la altura sobre el cuy mejorado. In Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (XII., 1989, Lima, Perú). Libro de Resúmenes. p. 151.
2. CHAUCA F., L.; ZALDIVAR A., M.; MUSCARI G., J.; SARAVIA D., J. 1986. Efecto del cruzamiento de cuyes machos precoces en hembras de crecimiento tardío. In Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (IX., 1986, Tingo María, Perú). Resúmenes. R-15.
3. KAFKA, F. 1981. Teoría económica. Universidad del Pacífico, Centro de Investigación, Lima. 800 p.
4. PERU. MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1987. Estadística agraria. Lima. p. 86.
5. RAMIREZ Z., R.; MUSCARI G., J. 1978. Investigación del mercado y comercialización del cuy en Lima Metropolitana. Estación Esperimental La Molina, Instituto Superior de Administración y Tecnología. Lima. 66 p.
6. ZALDIVAR A., M.; CHAUCA F., L. 1989. Proyecto Sistemas de Producción de Cuyes (Perú). In Reunión General de RISPAL (VIII., 1989). Informe. M.E. Ruiz, A. Vargas (Eds.). San José, C. R. IICA-RISPAL. p. 179-189.